

2454,784,872

⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ Patentschrift  
⑪ DE 3442131 C2

⑥ Int. Cl. 4:  
H01L 21/56  
H 01 L 23/30  
H 05 K 5/06  
B 29 C 45/14

DE 3442131 C2

② Aktenzeichen: P 34 42 131.9-33  
② Anmeldetag: 17. 11. 84  
③ Offenlegungstag: 22. 5. 86  
④ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 1. 12. 88

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③ Patentinhaber:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012  
Ottobrunn, DE

⑦ Erfinder:

Möller, Werner, Dipl.-Chem. Dr., 7900 Ulm, DE;  
Lüttichau, Harald Graf von, Dipl.-Ing., 7312  
Kirchheim, DE

⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS	23 47 049
DE-PS	15 14 478
DE-AS	26 28 823
DE-AS	25 45 471
DE-AS	25 38 119
DE-OS	32 22 791
DE-OS	31 51 902
DE-OS	31 37 480
DE-OS	29 22 005
DE-OS	27 48 523
DE-OS	26 56 139
DE-OS	25 51 778
EP	01 22 687

④ Verfahren zum Einkapseln von mikroelektronischen Halbleiterschaltungen und mikroelektronischen  
Halbleiterelementen

DE 3442131 C2

ZEICHNUNGEN BLATT 1

Nummer: 34 42 131  
Int. Cl. 4: H 01 L 21/56  
Veröffentlichungstag: 1. Dezember 1988

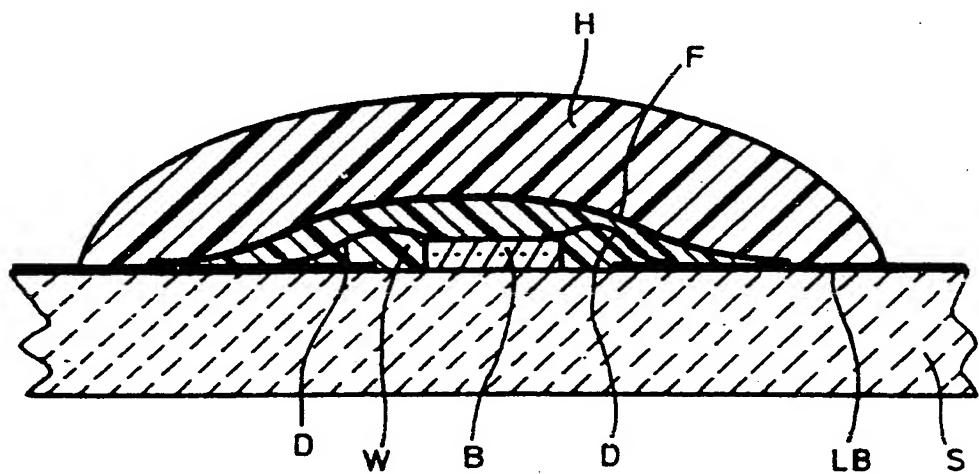


FIG. 1

BEST AVAILABLE COPY

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Einkapseln von auf einem Substrat angeordneten mikroelektrischen Hybrid-Halbleiterschaltungen oder von mikroelektronischen Halbleiterelementen mit mehreren Schichten, dadurch gekennzeichnet, daß

- die auf dem Substrat (S) befindlichen Halbleiterschaltungen oder Halbleiterelemente (B) mit einer weichen, siegelfähigen Kunststoffschicht (W) übergossen und
- mit einer aus drei Schichten bestehenden Verbundfolie (F) abgedeckt werden,
- deren erste, der siegelfähigen Kunststoffschicht zugewandte Schicht aus einem siegelfähigen Polyolefin, vorzugsweise Polypropylen mit einer Schichtdicke von 10—100 µm, vorzugsweise von 75 µm,
- deren zweite Schicht aus einem verformbaren Metall, vorzugsweise Aluminium mit einer Schichtdicke von 0,25—250 µm, vorzugsweise von 10—30 µm, und
- deren dritte Schicht aus einem klebefähigen Polyester, vorzugsweise Polyäthylenterephthalat mit einer Schichtdicke von 1—100 µm, vorzugsweise 10 µm besteht, und
- abschließend die mit der Verbundfolie abgedeckten Halbleiterschaltungen oder Halbleiterelemente mit Kunstharz (H) ver kapselt werden und
- die erste Schicht der Folie mit der siegelfähigen Kunststoffschicht (W) und
- die dritte Schicht mit dem Kunstharz (H) verbunden wird.

2. Verfahren zum Einkapseln von auf einem Substrat angeordneten mikroelektronischen Hybrid-halbleiterschaltungen oder mikroelektronischen Halbleiterelementen mit mehreren Schichten, dadurch gekennzeichnet, daß

- die auf dem Substrat (S) befindlichen Halbleiterschaltungen oder Halbleiterelemente (B) mit einer weichen, siegelfähigen Kunststoffschicht (W) übergossen und
- mit einer aus zwei Schichten bestehende Verbundfolie (F) abgedeckt werden,
- deren erste, der siegelfähigen Kunststoffschicht zugewandte Schicht aus einem siegelfähigen Polyolefin, vorzugsweise Polypropylen mit einer Schichtdicke von 10—100 µm, vorzugsweise von 75 µm, und
- deren zweite Schicht aus einem verform- und verlötbaren Metall, vorzugsweise Kupfer mit einer Schichtdicke von 0,25—250 µm, vorzugsweise von 10—30 µm besteht,
- die Folie mit der Kunststoffseite nach innen gefalzt und mit einem vorher auf das Substrat (S) gedruckten Lotkranz (LK) hermetisch dicht verlötet wird und
- abschließend die mit der Verbundfolie abgedeckten Halbleiterschaltungen oder Halb-

leiterelemente mit Kunstharz (H) ver kapselt werden und

- die erste Schicht der Folie mit der siegelfähigen Kunststoffschicht (W) verbunden wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Übergießen hochreine, gegenüber den Schaltungselementen inerte, niederviskose, flexible Epoxidharze mit guten Haftegenschaften gegenüber Halbleiterschaltungen und Verbundfolien verwendet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Übergießen ein hochreiner, weicher, gegenüber der Halbleiterschaltung inerter, heißsiegelfähiger Überzug, insbesondere aus polyolefinhaltigen, modifizierten Silikonen oder aus Silikonkleber auf Silikon-Fluor-Basis verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbundsystem aus der Kunststoffschicht (W) und Verbundfolie durch eine Heißsiegelverformung bei Temperaturen von 30—250°C, vorzugsweise 160—190°, bei Drücken von 1—50 bar, vorzugsweise 5—10 bar außerhalb einer für elektrische Anschlüsse vorgesehenen Verdrahtung bzw. der Bondstellen hergestellt wird.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einkapseln von auf einem Substrat angeordneten mikroelektronischen Hybrid-Halbleiterschaltungen oder von mikroelektronischen Halbleiterelementen mit mehreren Schichten.

Hochzuverlässige, mikroelektronische Schaltungen für professionelle, medizinische und militärische Anwendungen erfordern einen langzeitigen Schutz gegen die Einwirkung von Feuchtigkeitsspuren oder korrosiven Stoffen. Zumeist verwendet man hierfür metallische oder keramische Gehäuse, die hermetisch dicht verschweißt oder verlötet sind. Derartige Gehäuse, z. B. Kovagehäuse, sowie die zugehörigen Verkapselungstechnologien, z. B. das Rollnaht-, Ringbuckel-, Elektronen- oder Laserstrahl-Schweißen oder die Glaslot- sowie die Anglungsverfahren sind sehr aufwendig bzw. kostspielig und für Mikroschaltungen thermisch nicht unkritisch.

Es wird daher seit Jahren versucht, die in der kommerziellen Elektronik, vor allem in der Konsumelektronik, bewährten, preiswerten sowie rationellen Kunststoffverpackungen für professionelle mikroelektronische Schaltungen hochzuzüchten.

Es wurden hierfür zahlreiche spezielle Kunststoffmassen und Vergußtechniken entwickelt, die z. B. in DE-PS 23 47 049, DE-AS 25 38 119, DE-AS 26 28 823, DE-AS 25 45 471, DE-OS 27 48 523, DE-OS 26 56 139, DE-OS 31 37 480 und DE-OS 31 51 902 beschrieben sind.

Es hat sich aber gezeigt, daß die vorgeschlagenen Lösungen nicht zu völlig gas- und wasserdichten Abdichtungen führen. Der höhere Ausdehnungskoeffizient der Kunststoff-Verkapselung führt nämlich bei größeren Temperaturschwankungen an den Substratgrenzflächen zu Spannungen und damit zu Ablösungen und Rissen. Bei hoher Zuverlässigkeitserfordernissen und starken thermomechanischen Schockbeanspruchungen (—65°/+125°C) werden daher Kunststoffkapselungen nicht verwendet.

Es ist ferner beispielsweise aus der DE-PS 23 47 049 bekannt, daß sich gebondete Halbleiterschaltungen durch elastische Abdeckschichten aus Kunststoffschaum schützen lassen. Bei starken Temperaturwechselbeanspruchungen muß aber insbesondere bei Schaumpolstern mit hohen thermomechanischen Spannungen in der Kapsel gerechnet werden, so daß sich die Grenzflächen trennen und Feuchtigkeit bzw. korrosive Stoffe entlang der Fugen eindringen können. Vermeidet man die Kapsel und vergießt die Abdeckschicht direkt mit einem im Ausdehnungskoeffizienten annähernd angepaßten Kunstharz (DE-OS 29 22 005), so ist die Wasserdampfdurchlässigkeit bzw. Riß- sowie Porenfreiheit nicht gewährleistet. Auch ist bei Epoxidharz-Silikonelastomer-Kombinationen (DE-OS 29 22 005) bei starken Temperaturwechselbeanspruchungen infolge der geringen Haftfestigkeit mit einem Ablösen zu rechnen, so daß sich bei Haarrissen die Feuchtigkeit über die gesamte Trennfuge verteilen kann.

Es ist nun ferner bekannt (DE-OS 25 51 778, DE-PS 15 14 478), Kondensatoren mit beidseitig kunststoffkaschierten Metallfolien feuchtigkeitsdicht zu verkapselfn. Diese Technik setzt aber eine geometrisch einfache Bauelementenform und eine haftfest aufschrumpfende Kunststoff-Kaschierung voraus. Hybridschaltungen, die mit gebundenen IC's oder kleinen diskreten Bauelementen dicht bestückt sind, lassen sich nicht drucklos fügen, hohlräumfrei und haftfest kaschieren, so daß es bei Temperaturwechselbeanspruchungen zwischen -65° und +125°C zu Ablösungen oder Drahtverformungen kommt, die sich auch die elektrischen Funktionseigenschaften auswirken.

Aus der EP-OS 01 22 687 ist es bekannt, das Bauelement mit einem Laminat aus Kunststoff-Metall-Kunststoff abzudecken und durch Einwirkung von Druck und Wärme auf die Ränder zu versiegeln. Dabei wird im Laminat vorher eine Vertiefung ausgeformt, die zusammen mit dem Substrat des Bauelementes einen Hohlräum zur Aufnahme desselben samt Bonddrähten bildet. Bei der Beschreibung des Fertigungsverfahrens wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß das Bauelement nicht berührt und damit verformt wird; es wird also ein Hohlräum gebildet.

Schließlich ist aus der DE-OS 32 22 791 ein gattungsgemäßes Verfahren zum Einkapseln von mikroelektronischen Halbleiterelementen bekannt, bei dem den Halbleiter-Chip mit einer dauerelastischen Masse abgedeckt und mit einem mit Füllstoff gemischten Kunststoff umhüllt wird und die dauerelastische Masse durch Aufschäumen mit Hohlräumen versehen wird, um diese Masse besonders elastisch zu erhalten.

Alle bekannten Verfahren sind nicht dazu geeignet, die notwendige Sicherung der Verkapselung gegen Umwelteinflüsse, insbesondere auch gegen mechanische Schocks und hohe Temperaturwechselbeanspruchungen zwischen -65°C und 125°C, zu gewährleisten.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, das die Vorteile der Kunststoffverpackung, u. a. die einfache, rationelle Formgebung, gute elektrische Isolation und geringe Materialkosten, mit den Vorteilen der Metall- und Keramikgehäuse, nämlich thermomechanische Schockfestigkeit und Dichtigkeit, weitgehend verbindet und diese Eigenschaften noch verbessert.

Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe durch die Verfahrensschritte gemäß dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 bzw. 2 geöst.

Die Unterfütterung der bekannten Kunststoff-Me-

tall-Folie mit einer siegelfähigen Abdeckung, die sich fest mit der übernommenen Schaltung verbindet, löst die bisher aufgetretenen Probleme.

Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der Beschreibung, in der anhand der Zeichnung mehrere Ausführungsbeispiele erläutert werden. Es zeigt

Fig. 1 den Aufbau einer nach dem erfahrungsgemäßen Verfahren eingekapselten Schaltung,

Fig. 2 schematisch die Schritte einer ersten und Fig. 3 einer zweiten Variante des Verfahrens.

Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer nach dem erfahrungsgemäßen Verfahren eingekapselten Schaltung. Auf einem Substrat *S*, das zweckmäßig aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besteht, haftet ein beispielsweise mit  $\text{Si}_3\text{N}_4$  passivierter mikroelektronischer Baustein *B*, der mikroelektronische Hybrid-Halbleiterschaltungen oder mikroelektronische Halbleiterelemente umfaßt und in bekannter Weise mit Bonddrähten *D*, die aus Gold, Aluminium oder anderem hochleitfähigem Metall bestehen, mit den Leiterbahnen *LB* elektrisch verbunden sind. Der Baustein *B* und die Bonddrähte befinden sich innerhalb einer weichen Kunststoffschicht *W*. Diese ist mit einer Folie *F* abgedeckt, die eine Metallschicht enthält und deren Aufbau weiter unten beschrieben wird. Schließlich ist das Ganze mit Epoxidharz *H* mit hochreiner  $\text{SiO}_2$ - oder Kreidefüllung eingekapselt.

In den letzten Jahren wurden von der Fa. Wacker Elastomere aus Silikon und (ca. 50%) thermoplastischen Polymeren entwickelt und zur Verfügung gestellt, die sich gegenüber den reinen Silikonelastomeren durch erhöhte mechanische Festigkeit, befriedigende Haftung auf Bauteilen, Keramik, Metall usw. sowie vor allem durch geringe Wasserdampfdurchlässigkeit auszeichnen und damit als Deckschicht hervorragend geeignet sind. Zudem wurde im Rahmen der der Erfindung zugrundeliegenden Untersuchungen gefunden, daß sich die verwendeten Elastomere durch Thermokompression mit der Kunststoff-Folie verschweißen lassen.

Das Verfahren nach der Erfindung umfaßt die im folgenden näher erläuterte Verfahrensschritte, daß nämlich z. B. mit  $\text{Si}_3\text{N}_4$  passivierte, auf ein Substrat *S* gebundene mikroelektronische Schaltung *B* mit einer im Betriebstemperaturbereich weichen Kunststoffschicht *W* überzogen wird, die sich mit einer warm- und rißfrei verformbaren Kunststoff-Metall-Kunststoff-Verbundfolie *F* versiegelt oder verklebt wird und mit einem hochgefüllten, stark vernetzten Kunstharz *H* verkapselft und verfestigt wird.

Zur rationellen Durchführung des erfahrungsgemäßen Verfahrens eignet sich besonders gut das bewährte Heißsiegelverfahren nach Fig. 2.

Dabei befindet sich gemäß Schritt a) zunächst der gebundene Baustein *B* auf dem Substrat *S*. Die Bonddrähte *D* verbinden den Baustein *B* elektrisch mit den Leiterbahnen *LB*. Eine Passivierung *P* verhindert unerwünschte Korrosion. In diesem Zustand wird die vorbereitete Schaltung zunächst vorgewärmt.

Sodann wird gemäß Schritt b) ein niederviskoses, flüssiges Elastomer *W* aufgebracht. Die hieraus hervorgehende Schicht *W* ist heißsiegelfähig. Beim dritten Schritt c) wird die Metall-Verbundfolie *F* aufgelegt und mit einem auf etwa 200°C erhitzten Hohlstempel *ST* auf die weiche Schicht *W* aufgepreßt. Dabei verbindet sich die der Schicht *W* zugewandte Kunststoffseite der Folie *F* mit derselben unter dem Einfluß von Wärme und Druck. Beim nachfolgenden Abkühlen verfestigt sich die Füllung *W*. Daneben hat sich eine Verformung der Ver-

bundfolie beim Ausstanzen als vorteilhaft erwiesen.

Sodann wird ggf. gemäß Verfahrensschritt d) das bisher erzeugte Element mit einem Epoxidharz *H* vergossen. Das in Fig. 2e dargestellte Endprodukt entspricht dem nach Fig. 1.

Dieses Verfahren beruht also darauf, daß z. B. mit Polyolefinen modifizierte Silikone mit Polypropylenfolien bei 160—190°C unter Druck leicht verformt und versiegelt werden können. Als innere Metallschicht kommen vorzugsweise gewalzte Kupfer- oder Aluminium-Folien, als Abdeckung hochreine Polypropylen-, Polyäthylen-, Polyäthylenterephthalat-, Polycarbonat-, Polyimid-Folien in Frage. Eine Delaminierung oder Rißbildung ist bei derartigen Verbundfolien unbekannt, die Gas- und Feuchtigkeitsdurchlässigkeit um viele Zehnerpotenzen kleiner als bei Epoxidharz- oder Silikonelastomer-Verpackungen. Eine Diffusion und Permeation ist nur entlang der ca. 10—100 µm dicken, aber millimeterlangen Grenzschicht zwischen Halbleiterschaltung und Aluminiumschicht möglich.

Die beidseitig elektrisch isolierte, gewalzte Metallfolie erleichtert bei Leistungshalbleiterschaltungen oder Leistungs-Hybridschaltungen zudem einen schnellen Temperaturausgleich.

Zum Aufbringen der Folien werden an sich bekannte automatische Die-Bonder verwendet. Diese sind zweckmäßig mit dem Stanzwerkzeug für die Folien im gleichen Arbeitstakt gekoppelt.

Fig. 3 illustriert eine andere Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hierbei befindet sich auf einem aus Innenteil *T*<sub>1</sub> und Außenteil *T*<sub>2</sub> bestehenden Träger das Substrat *S* mit den Bauelementen. Der Rand des Substrats ragt über den Innenteil *T*<sub>1</sub> des Trägers hinaus und ist rückseitig mit einem Lotkranz *LK* bedruckt. Die Leiterbahnen sind beim Dickschicht-Siebdruck mit einer Dielektrikumsschicht gegen den Lotkranz isoliert. Der Verfahrensschritt b) erfolgt wie im Beispiel nach Fig. 2.

Im Verfahrensschritt c), also beim Aufbringen der Folie, wird hier eine entsprechend der Topologie der Bauelemente vorgeformte Folie *F* verwendet. Ebenso ist der Stempel *ST* der Formgebung der Folie angepaßt. Nach Aufbringen der Folie wird diese an den Rändern des Substrates nach Entfernen des Außenteiles *T*<sub>2</sub> des Trägers umgefalzt und entsprechend Fig. 3d mit dem Lotkranz verlötet. Anschließend kann das Element mit Epoxidharz *H* vergossen werden.

Besonders geeignet zum Verlöten sind einseitig kassierte Kupferfolien. Der Epoxidharz-Quarz-Verguß dient als mechanischer Schutz.

Im folgenden werden drei Ausführungsbeispiele angegeben.

#### Beispiel 1

Der Chip bzw. die passivierte Halbleiterschaltung wird auf das Substrat gelegt und an den Anschlüssen gebondet. Der Chip sowie alle Bondanschlüsse werden mit einem niederviskosen Kunststoff überzogen, der durch eine sehr geringe Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit, hohe Flexibilität und Siegelfähigkeit gekennzeichnet ist. In diesem Fall wird eine polyolefinmodifizierte Silikon-Lösung in Benzin auf das mit p-Methyldisiloxan-Methylmethacrylat grundierte Substrat gebracht.

Aus einer Polypropylen- (75 µm), Aluminium- (10 µm), Polyäthylenterephthalat- (15 µm) Verbundfolie wird heiß (ca. 120°) eine für den Chip dimensionierte

Kappe ausgestanzt, mit einem Die-Bonder über den Chip-Carrier gestülpt und mittels eines heißen Hohlstempels mit dem Weichverguß dicht versiegelt. Der ca. 180°C heiße Hohlstempel preßt die Folie mit dem flüssigen Weichverguß so auf das Substrat, daß die Siegelschicht unter ca. 20 µm liegt. Anschließend wird mit hochreinen, flexiblen Epoxidharz-/Quarzmehl-Vergußmassen die Kappe bzw. verkapselfte Schaltung vergossen.

#### Beispiel 2

Eine Dickschicht-Hybridschaltung mit Halbleiterchips und diskreten Bauelementen wird mit einer heißen Polyethylen/Xylool-Lösung lackiert, mit einer entsprechend zugeschnittenen evtl. vorgeformten Verbundfolie abgedeckt, an das Substrat gepreßt, verklebt bzw. versiegelt. Die verkapselfte Hybridschaltung wird anschließend mit einem gefüllten Epoxidharz umpreßt bzw. vergossen.

#### Beispiel 3

Eine gebondete Hybridschaltung wird auf ca. 100°C vorgewärmt, auf eine Vakuum-Haltevorrichtung gebracht und mit einer Kupfer-(25 µm)Klebefolie, die entsprechend der Schaltung vorgestanzt und vorgeformt ist, abgedeckt.

Die Leiterbahnen der Schaltung werden beim Siebdruck an den vorgesehenen Kontakt- bzw. Lötstellen mit Dielektrikumspaste überschichtet. Vor der Folienversiegelung werden diese Stellen mit Lötpaste bedruckt.

Unter Vakuum wird die Folie gefalzt, mit dem Harz versiegelt, anschließend verlötet und mit einem gefüllten Epoxidharz umpreßt oder vergossen.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

FIG. 2

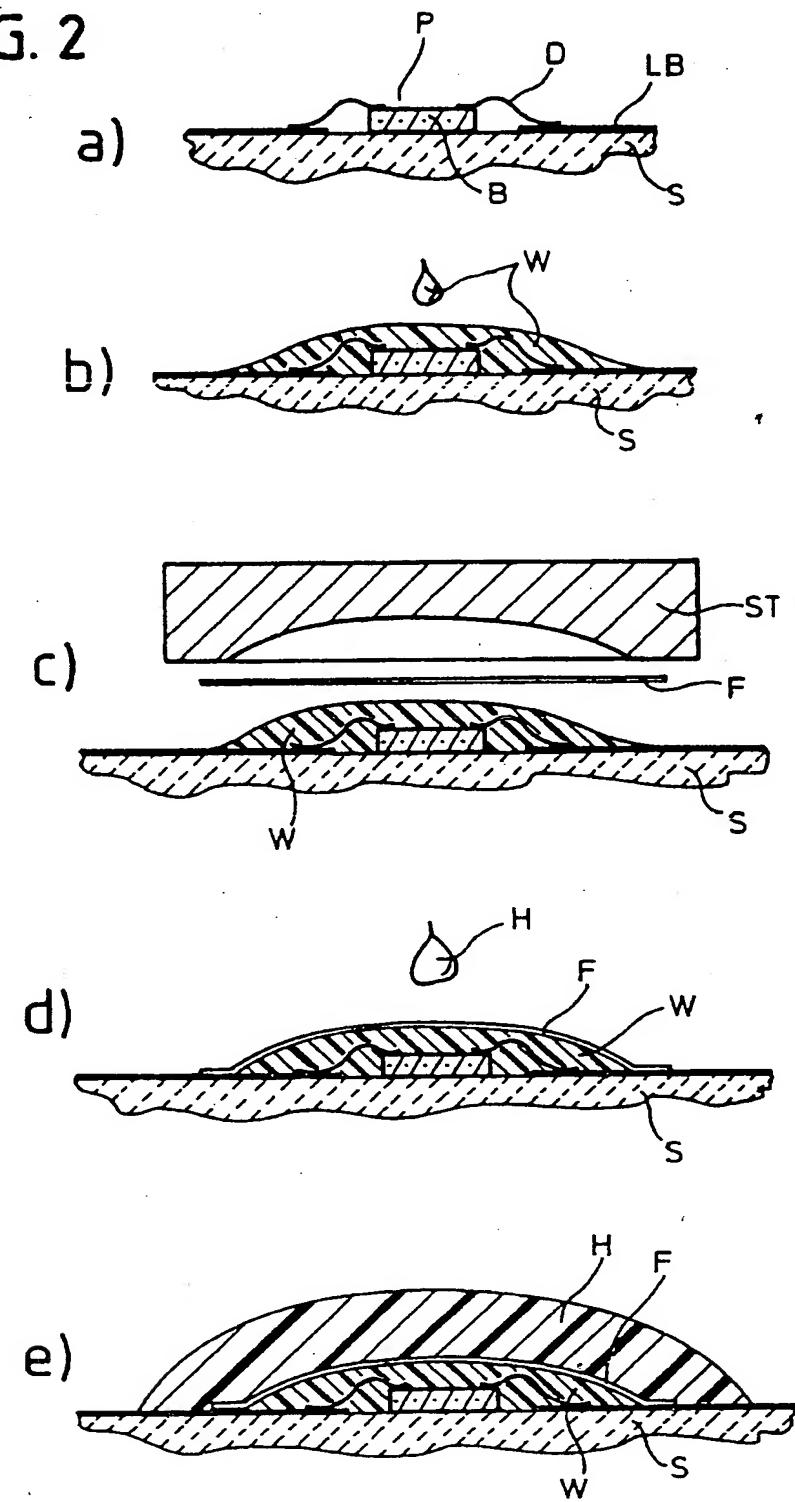
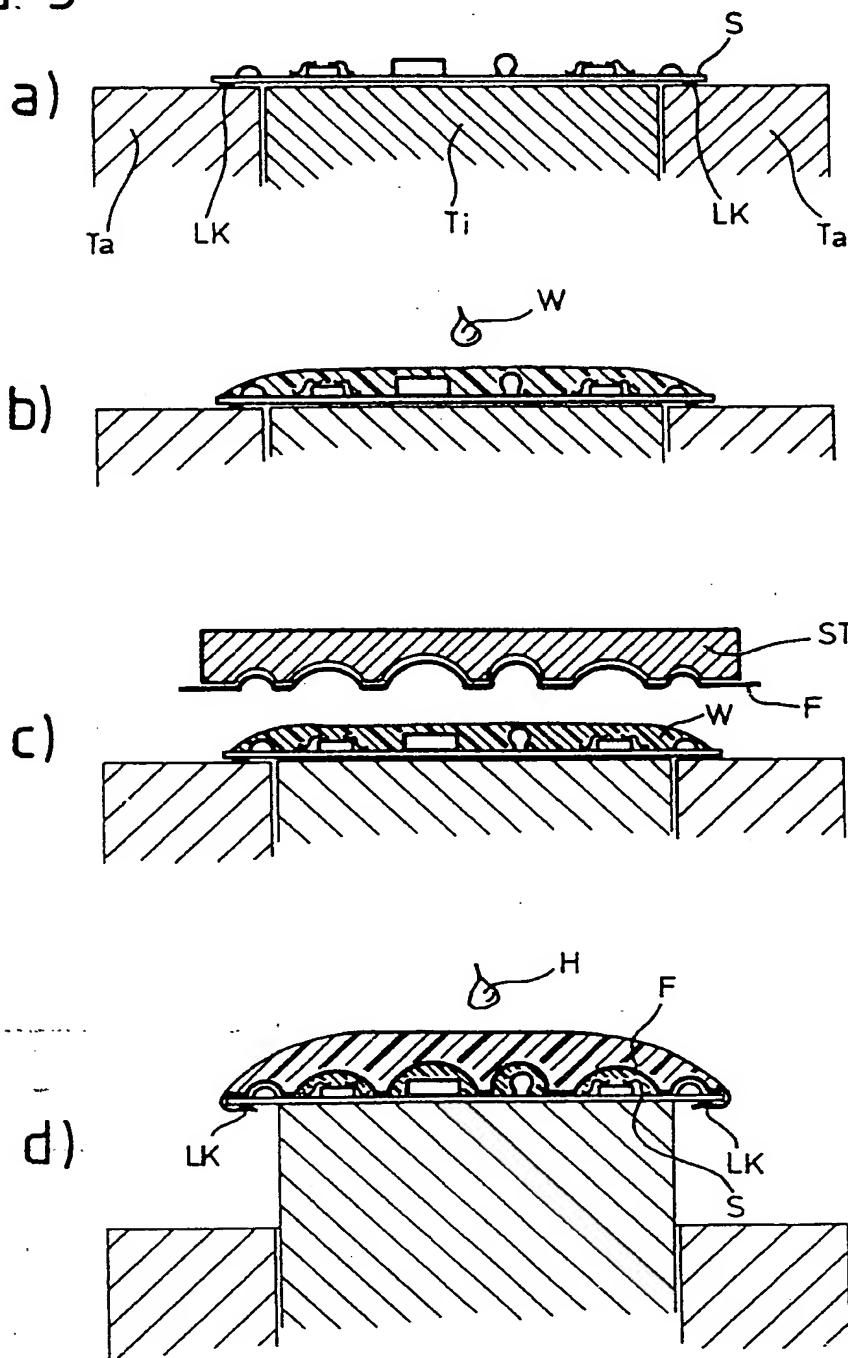


FIG. 3



DOCKET NO: GR 02 P 20537  
SERIAL NO: 10/765,584  
APPLICANT: Auburger et al.  
LERNER AND GREENBERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100